

# 遠隔離島を活用した海洋関連 技術開発を推進するための 共通・基盤的なデータの整備

調査結果の評価

株式会社パスコ

# 目次

- 調査の予定と実績
- 気象、海象データの収集、整理
- 遠隔モニタリングシステムの構築とデータ収集
- 自動異常検知技術の検討と有効性の確認
- 今後の発展性、課題

# 調査の予定と実績の詳細について

以下に、本業務における各工程の予定と実績の詳細を示す。

項番	タスク名			予実	10月			11月			12月				1月				2月				3月				
	大	中	小		26	2	9	16	23	30	7	14	21	28	4	11	18	25	1	8	15	22	29	7	14	21	28
0	遠隔離島における海洋関連技術のための調査																										
1	気象データの収集整理																										
2			データ収集、整理	予定																							
3				実績																							
4	海象データの収集・整理																										
5			データ収集、整理	予定																							
6				実績																							
7	遠隔モニタリングシステム																										
8			設計、構築	予定																							
9				実績																							
10			異常検知アルゴリズム 事前検証	予定																							
11				実績																							
12			異常検知アルゴリズム 離島検証	予定																							
13				実績																							
14			マニュアル作成	予定																							
15				実績																							
16			本土試験	予定																							
17				実績																							
18			輸送(本土⇒離島)	予定																							
19				実績																							
20			離島試験/評価	予定																							
21				実績																							
22			輸送(離島⇒本土)	予定																							
23			※詳細な日程は要調整	実績																							
24	報告書作成																										
25			執筆	予定																							
26				実績																							
27			報告	予定																							
28				実績																							

## 気象、海象データの収集、整理の目的

南鳥島における今後の技術開発を効率的かつ効果的に推進するために必要となる基盤的なデータに資する気象、海象データを収集、整理する。

次ページ以降に気象庁、海上保安庁にて保有しているデータを収集、整理した結果を示す。

# 気象、海象データの収集(1/3)

## ①気象データの収集結果

以下の気象データを対象に、気象庁が保有しているデータの収集を行った。

- 種類: 気温、湿度、気圧、降水量、降水化学成分、日照日射量、風速
- 収集: 1時間または3時間毎のデータを10年分収集

### 【収集結果】

種類	収集期間※1	時間間隔
気温	2003年11月～2015年10月	1時間
湿度	2003年11月～2015年10月	1時間
気圧	2003年11月～2015年10月	1時間
降水量	2003年11月～2015年10月	1時間
日照日射量	1999年11月～2015年11月	1時間
風速	1999年11月～2015年11月	1時間

※1: 気象庁HPからの取得可能期間。

# 気象、海象データの収集(2/3)

## ②気象データの収集結果(降水化学成分)

以下の気象データを対象に、気象庁が保有しているデータの収集を行った。

- 種類:PH、電気伝導度、アルカリ度、化学成分
- 収集:1日毎のデータを10年分収集

### 【収集結果】

種類	収集期間※1	時間間隔
PH	2003年11月～2013年12月	1日
電気伝導度	2003年11月～2013年12月	1日
アルカリ度	2003年11月～2013年12月	1日
化学成分 (アンモニウムイオン、ナトリウムイオン、カリウムイオン、カスシウムイオン、マグネシウムイオン、塩化物イオン、亜硝酸イオン、硝酸イオン、硫酸イオン、カドミウム、水銀)	2003年11月～2013年12月	1日

※1:気象庁HPからの取得可能期間。

# 気象、海象データの収集(3/3)

## ③海象データの収集結果

以下の海象データを対象に、気象庁や海上保安庁が保有しているデータの収集を行った。

- 種類: 潮位、潮流速、海水温度、塩分濃度
- 収集: 1時間または3時間毎のデータを10年分収集

### 【収集結果】

種類	収集期間※1	時間間隔
潮位	2002年1月～2015年09月	1時間
潮流速	1996年1月～2005年12月	× ※2
海水温度	1983年1月～2008年10月	× ※2
塩分濃度	1983年1月～2008年10月	× ※2

※1: 気象庁HP及び日本海洋データセンターHPからの取得可能期間。

※2: 観測データ、観測地点によりデータ収集の周期が異なる。

# 気象、海象データの整理(1/3)

## ①気象データの整理

「気象、海象データの収集(1/3)」にて収集したデータを整理した結果を図示する。

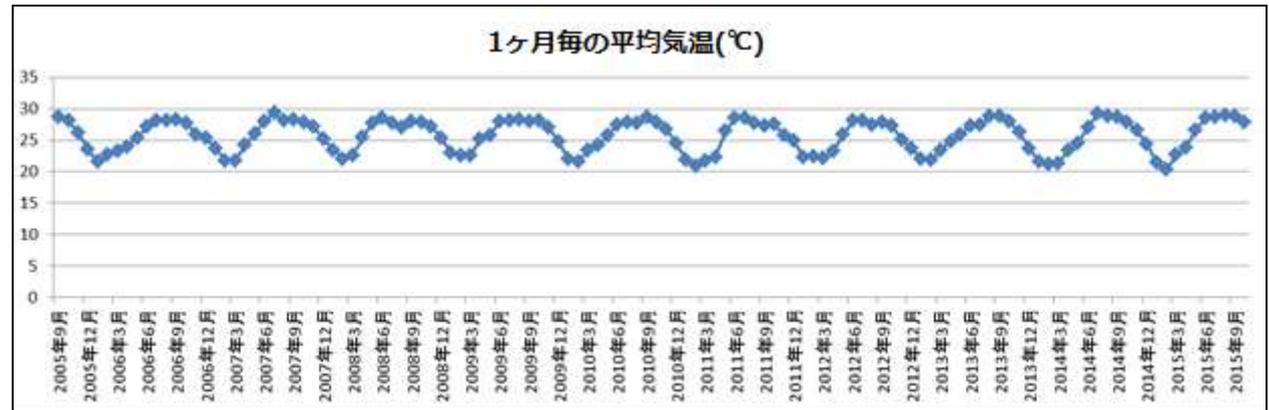
なお、以下は気温データをもとにしたサンプルとしている。

### 【整理結果】

1ヶ月毎の平均気温

(期間:2005年9月

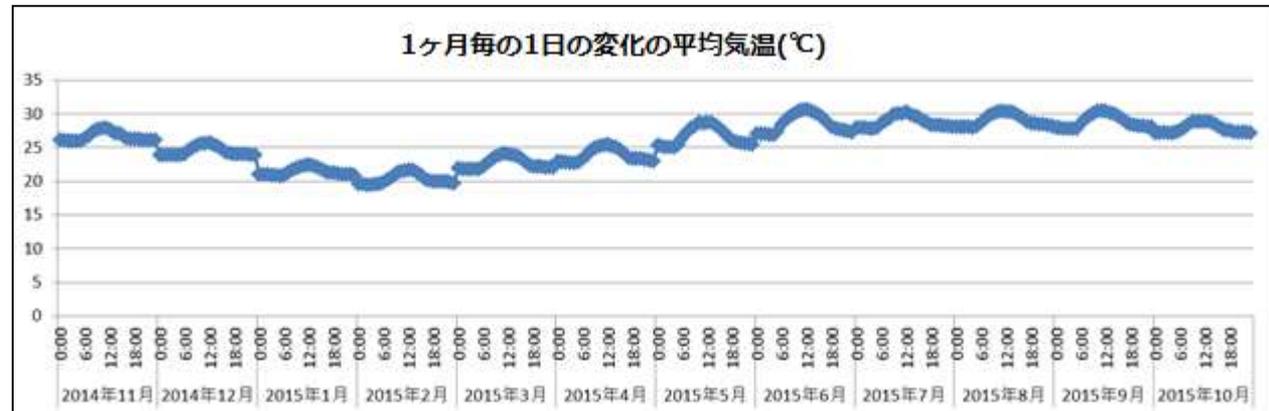
～2015年10月)



1ヶ月毎の1日の変化  
の平均気温

(期間:2014年11月

～2015年10月)



# 気象、海象データの整理(2/3)

## ②気象データの整理(降水化学成分)

「気象、海象データの収集(2/3)」にて収集したデータを整理した結果を図示する。

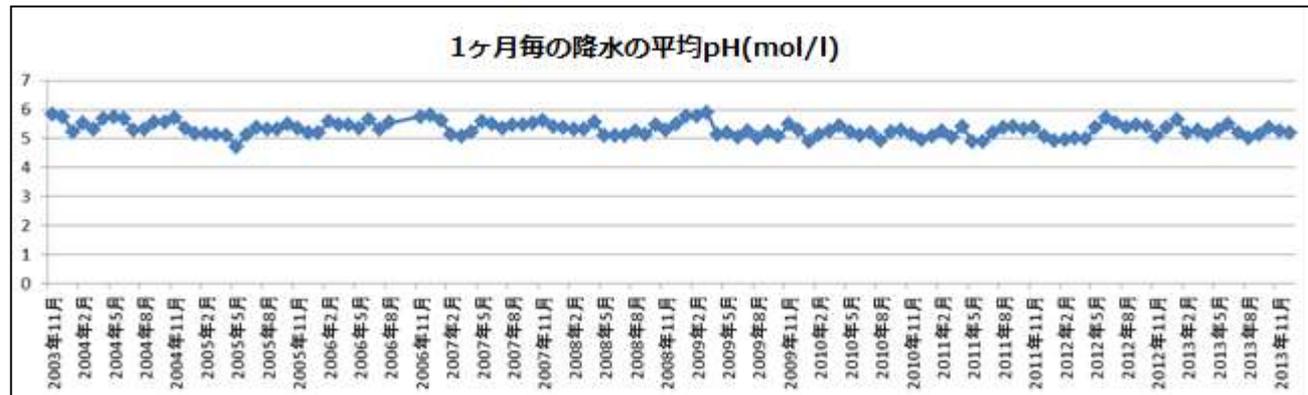
なお、以下はpH、電気伝導度データをもとにしたサンプルとしている。

### 【整理結果】

1ヶ月毎の降水の平均pH

(期間:2003年11月

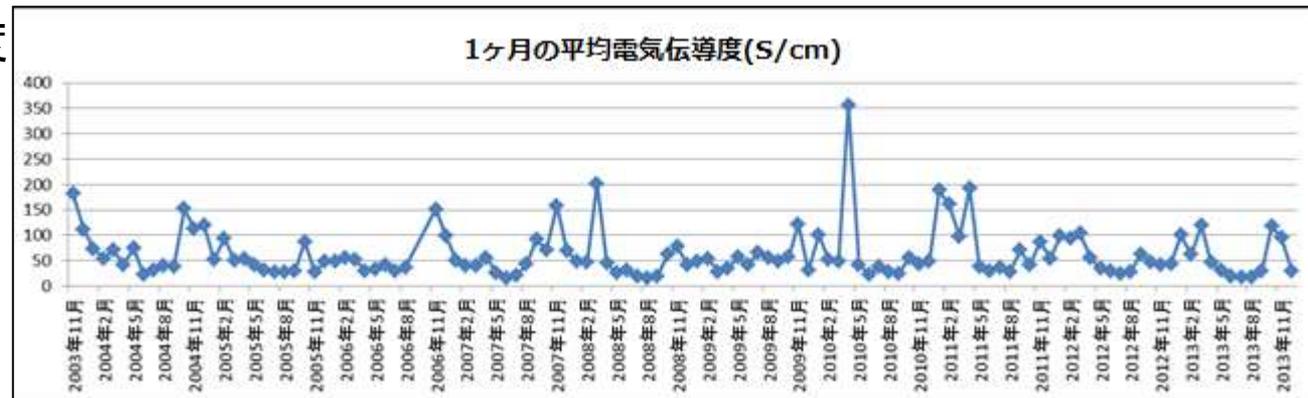
～2013年12月)



1ヶ月毎の平均電気伝導度

(期間:2003年11月

～2013年12月)



# 気象、海象データの整理(3/3)

## ③海象データの整理

「気象、海象データの収集(3/3)」にて収集したデータを整理した結果を図示する。

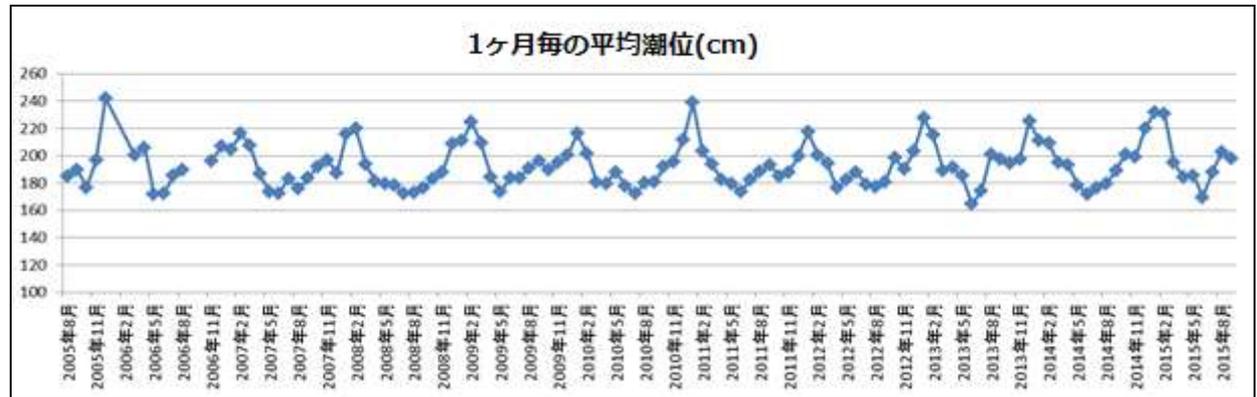
なお、以下は潮位データをもとにしたサンプルとしている。

### 【整理結果】

1ヶ月毎の平均潮位

(期間:2005年8月

～2015年9月)



1ヶ月毎の1日の変化の

平均潮位

(期間:2014年11月

～2015年10月)



# 気象、海象データの収集方法①

以下に、気象データの収集に使用されている測器、設備の一例を示す。

観測装置を周囲の人工物の影響を受けないように配慮した場所に設置することにより、安定した環境で観測している。これを露場という(左図)。

また、露場に各種気象情報の作成に必要な気象要素を地上気象観測装置(右図)で自動的に観測している。



図 南鳥島の地上気象観測露場

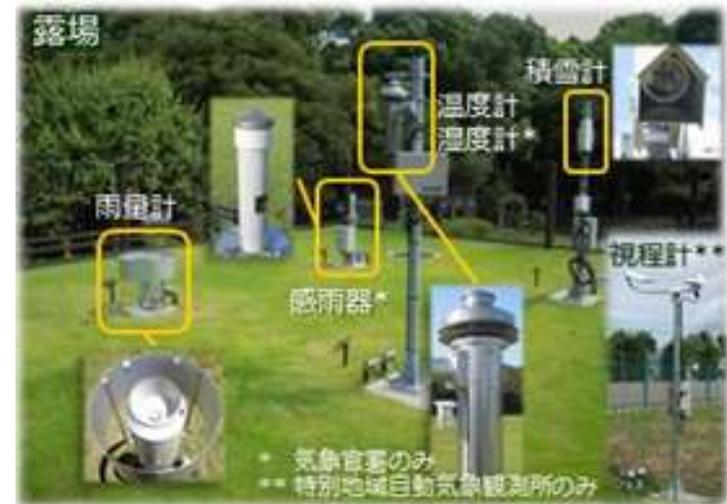


図 各測器

## 気象、海象データの収集方法②

以下に、海象データの収集方法の一例を示す。

気象庁は、2隻の海洋気象観測船や漂流型海洋気象ブイロボットにより日本近海、北西太平洋および赤道域の海洋観測を行うとともに、静止気象衛星により海面水温などの観測も行っている。また、気象庁ではこれらの観測に加え、国内外の観測船、一般船舶、海洋データブイや人工衛星による海洋観測データを収集しており、データは次のような経路で全世界から収集している。

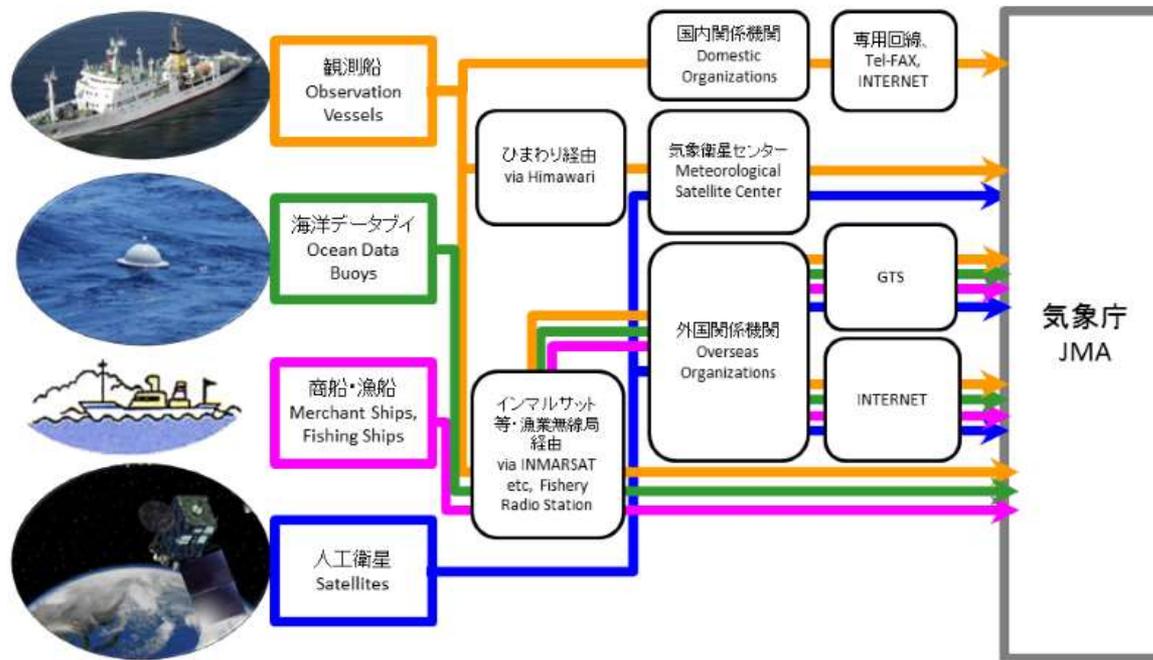


図 海洋観測データの収集(気象庁ホームページより)

## 遠隔モニタリングシステムの構築とデータ収集の目的

南鳥島での直接的なメンテナンスが長期間期待できない場合を想定し、技術開発に必要な試験状況等について、同島の過酷な環境下においても安定かつ継続して本土からモニタリングできる信頼性の高い観測技術（以下「遠隔モニタリングシステム」という。）に係る技術的検討を行うとともに自動異常検知技術を組み合わせることにより、将来的な監視の自動化等の可能性についても検証する。

次ページ以降に遠隔モニタリングシステムを構築、設置のうえ評価、検証した結果を示す。

# 遠隔モニタリングシステムの構築とデータ収集(1/6)

## ①遠隔モニタリングシステム構成について

下図に示す主な構成品にて、遠隔モニタリングシステムを実現している。  
衛星通信アンテナを介して、離島、本土間の通信を行い、定点観測カメラにて撮像した映像を本土側へ定期的(1回/10分)に送信している。

なお、本システムの動作に必要な電力(70W/h)は、離島建屋の電源コンセントより供給されている。



# 遠隔モニタリングシステムの構築とデータ収集(2/6)

## ②想定される風力を考慮した設置

下図(※)のようにサーバラック(ロープによる四点)、および三脚(三点)を地面に杭打ちするとともに、防水を考慮した設備を設置することにより、風雨による影響がないよう対処している。

なお、南鳥島へ設置後に実測された気象条件を示す。

### 【気象条件】

- 最大風速 : 12.4[m/s](2015年12月21日 10時)
- 最高降水量 : 11[mm/h](2015年12月25日 6時)

※2015年12月20日～2016年1月21日における1時間ごとの情報(気象庁の保有データ)



図 前面



図 背面

# 遠隔モニタリングシステムの構築とデータ収集(3/6)

## ②想定される風力を考慮した設置

地面に杭打ちされた定点観測ネットワークカメラにて撮像された画角を以下に示す。地面への固定により画角のずれは発生していないことがわかる。

※設置直後(12月20日)、設置後1か月経過(1月21日)に撮像された画角の比較。



図 2015年12月20日



図 2016年1月21日

# 遠隔モニタリングシステムの構築とデータ収集(4/6)

## ③撮像状況

2015年12月20日15時23分より、現地での撮像を開始しており、これまで約1カ月間の観測データを蓄積している。撮像開始から現在まで大きな問題なく撮像を完了している。(※) 月単位での撮像記録を下表に示す。

※12月21日、22日に断続的に画像ファイルが転送されない(衛星通信のシグナル低下)状況が発生した。当該事象は自動的に復旧していることより、一時的な外的要因(気象環境等)によるものと想定している。機器回収後に収集可能なデータをもとに解析する。

### 【配信画像データ緒元】

- 画像データサイズ : 約200KB～480KB
- 平均画像データサイズ : 349KB
- 画像データ転送頻度 : 1回／10分
- 画像データ解像度 : 1920×1080ピクセル
- 日単位の転送サイズ : 49915KB(約50MB)※2016年1月1日のサンプリング
- 日単位の受信ファイル数 : 144データ
- 月単位の転送サイズ : 1545951KB(約1546MB)※2016年1月のサンプリング
- 月単位の受信ファイル数 : 4456データ

# 遠隔モニタリングシステムの構築とデータ収集(5/6)

## ④通信システムの選定

本調査にて採用している通信システムの諸元を示すとともに、配信システムとして送受信したデータ量、これに伴う通信費を一覧に示す。

### 【通信システム緒元】

- 通信機器 : SAFARI™ Land Vehicular BGAN Terminal
- 通信種別 : Inmarsat BGAN衛星ネットワーク
- 通信速度 : 448/464kbps (送信/受信)
- 周波数帯 : 1626.5MHz - 1660.5MHz / 1525MHz - 1559MHz (送信/受信)

### 【通信データ量、通信費(1月分のサンプル)】

- 利用期間 : 2016年1月1日～2016年1月31日
- データ量 : 1653.44MB
- 通信費 : 1,486,612円 (定価の場合、1\$=122.19円にて換算)

# 遠隔モニタリングシステムの構築とデータ収集(6/6)

## ⑤保守性

本システムでは、南鳥島の配信システムにて誤作動や停止した場合において、本土から遠隔操作により復旧可能な機能を有するため、以下の環境を整備した。

【通信元】本土側の受信システム(パスコ社中野オフィスに設置のサーバ機器)

【通信先】南鳥島の配信システム(衛星通信用ネットワークルータ、定点観測カメラ)

【保守内容】配信システムの主たる機器の管理インターフェースへ接続、通信状況の確認、機器の再起動等

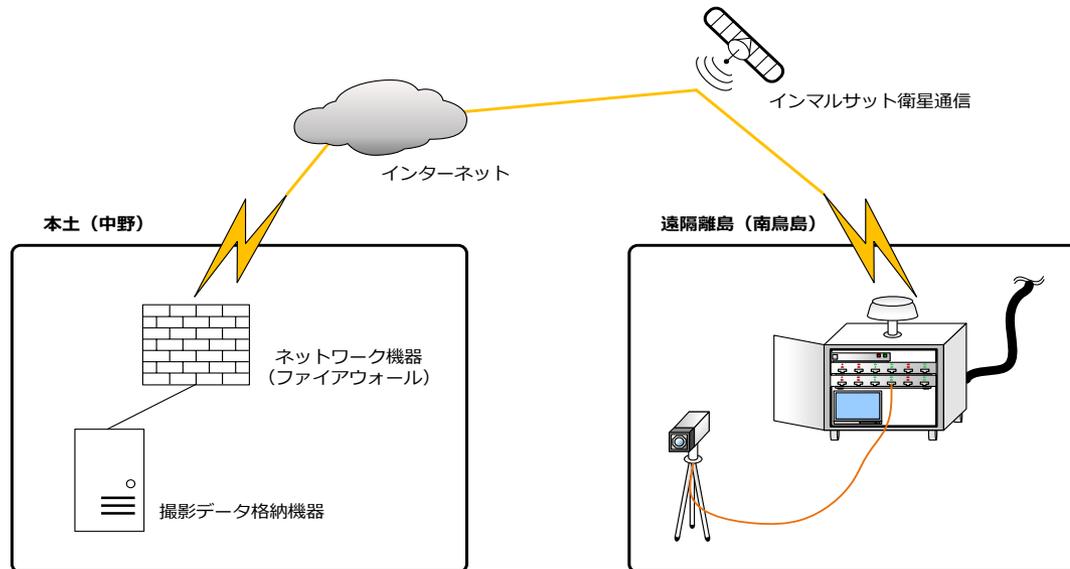


図 保守通信概要図

# 自動異常検知技術の検討と有効性の確認(1/10)

## ■自動異常検知技術の概要と作業方針

- 本タスクの目的は、定点観測した画像から「異常」な画像を自動検出できるアルゴリズムを開発する。
  - 異常とは、正常でないパターン。
  - たとえば、基本的に歩行者しかいない場所を写したカメラに「歩行者以外」が写ったら、それは「異常」と考えられる。



<http://www.svcl.ucsd.edu/projects/anomaly/dataset.htm>

- 本タスクでは、「自動異常検知技術の検討と有効性の確認」を行うため、プロトタイプを作成し評価検証を繰り返し、自動検出可能なアルゴリズムを開発する。

# 自動異常検知技術の検討と有効性の確認(2/10)

## ■本番検証の概要

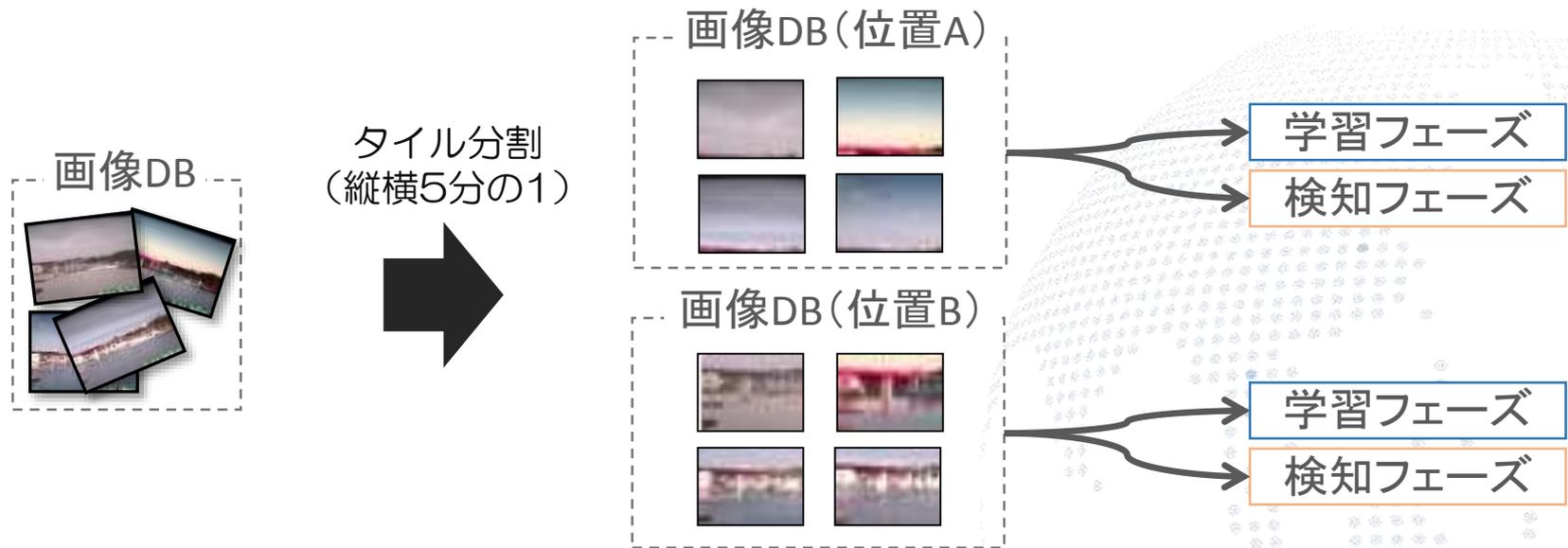
- データ:  
南鳥島における定点観測画像
- 検証項目:  
Deep Learning(人工知能技術)に基づく検知手法の有効性の確認
- 作業期間:  
1月~3月
- プロトタイプ:  
プロトタイプはA→B→Cの順で作成し評価を行った。前の評価結果をもとに精度向上策を検討しながらプロトタイプの作成と評価を行っている。  
本資料においては、最も高い精度を記録したプロトタイプCについて説明

# 自動異常検知技術の検討と有効性の確認(3/10)

## ■プロトタイプC(タイル分割+パッチ+確率モデルの利用)

プロトタイプCは画像を5×5のタイルに分割して、タイル毎にモデルをデータからの学習により構築し、検知する方法である。

- 学習フェーズ: **各位置のタイル**について、大量の正常画像からDeep Learningを使って特徴の抽出を行い、パッチ毎の入出力層の差から確率モデルを構築する。
- 検知フェーズ: **各位置のタイル**について、学習フェーズで構築した特徴抽出器+確率モデルを用い、任意のタイル画像に対して異常/正常を判別する。



# 自動異常検知技術の検討と有効性の確認(4/10)

## ■本番検証データ(諸元)

- 南鳥島において定点カメラで写した画像(日単位)
  - 2015/12/20~2016/1/15の27日分を使用
  - フレームレート:1枚/10min
  - 画像サイズ:1920[pixel] x 1080[pixel]
  - Band数:3 (Red, Green, Blue)
  - 総画像数:3799枚

(画像例)



# 自動異常検知技術の検討と有効性の確認(5/10)

## ■本番検証データ(データ選別)

- 検証に適さない画像を除去
  - 夜間に撮影された画像
    - タイムスパン:PM4時頃~AM5時頃
  - 雨天、または日光によるハレーションの起きている画像
  - 除去後の画像数:1270枚



夜間の画像



雨天時の画像



日光によるハレーション画像

# 自動異常検知技術の検討と有効性の確認(6/10)

## ■本番検証データ(異常データの定義)

- 人や動物の写った画像を「異常」とした。
- 駐車車両については有無に関わらず「正常」とした。

正常画像: 1251枚  
※学習用: 1001枚  
※評価用: 250枚



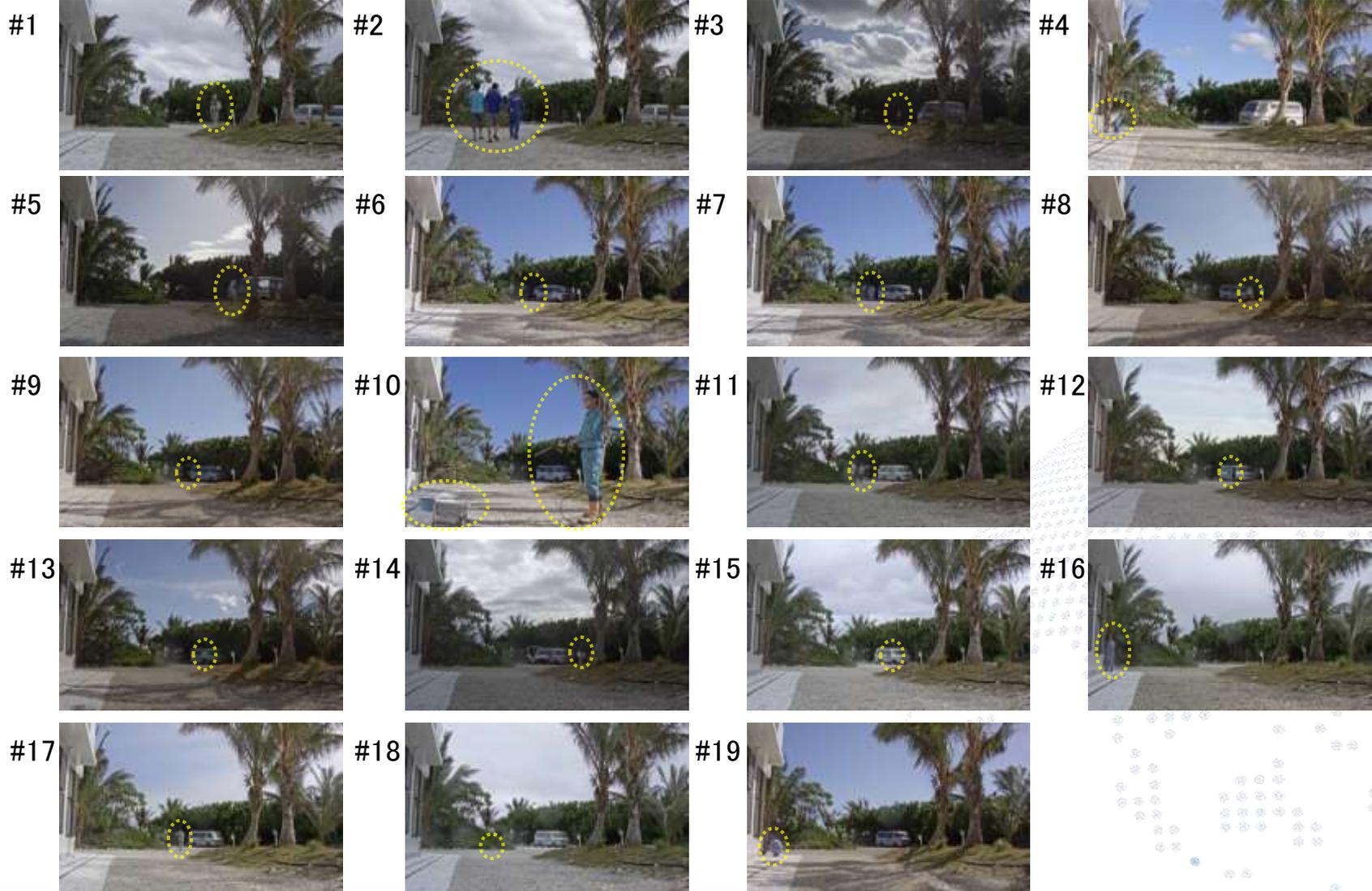
異常画像: 19枚



正常異常合わせて  
269枚を評価対象とした

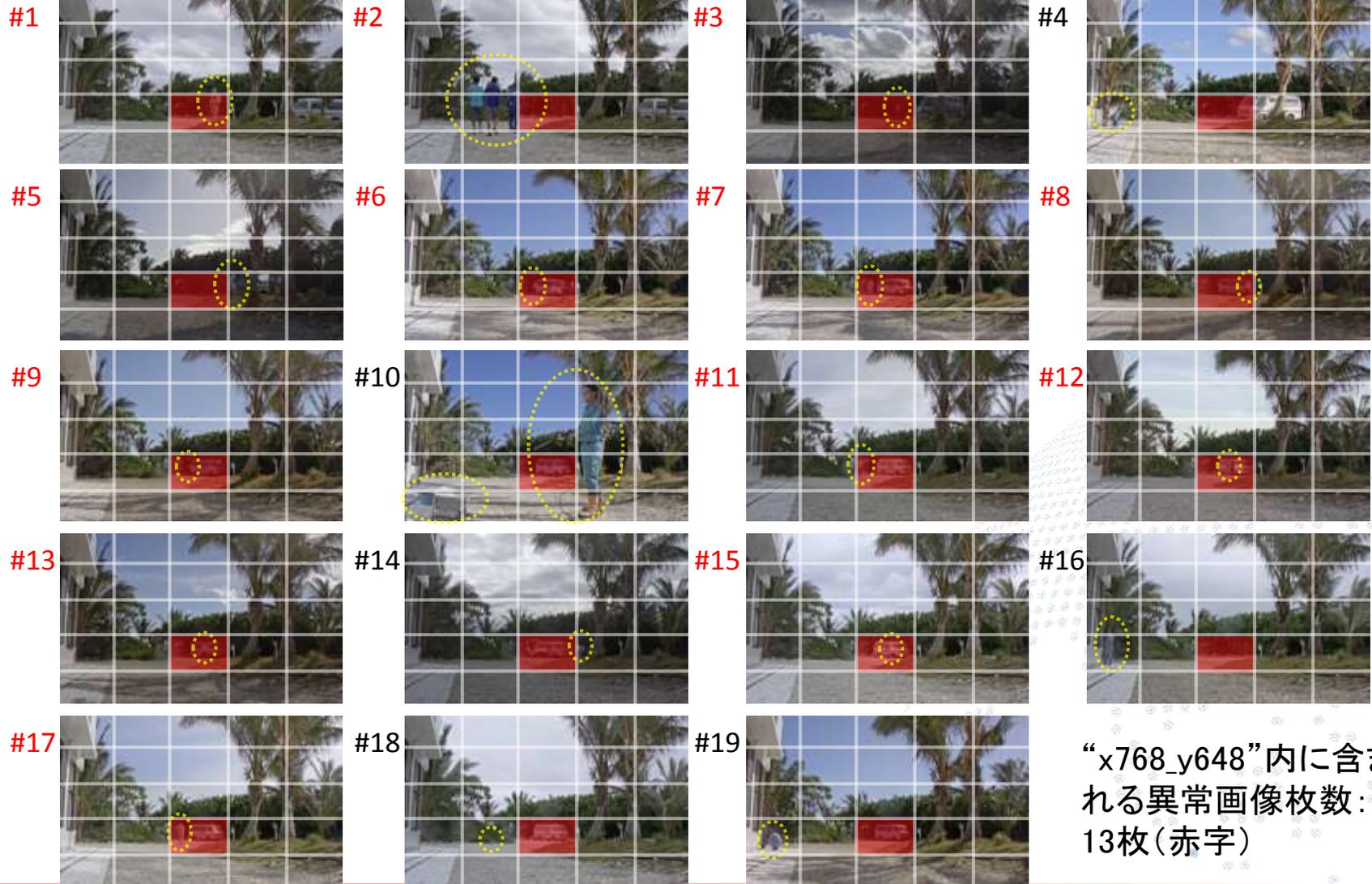
# 自動異常検知技術の検討と有効性の確認(7/10)

## ■本番検証データ(異常画像一覧)



# 自動異常検知技術の検討と有効性の確認(8/10)

## ■異常画像(タイル分割:x768\_y648)

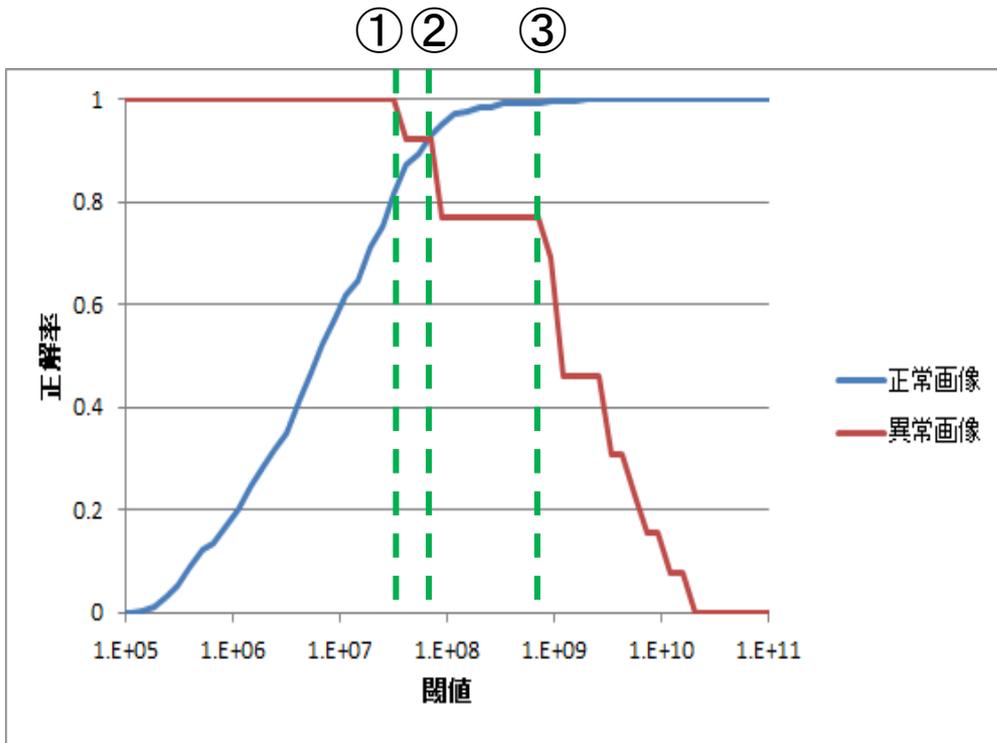


“x768\_y648”内に含まれる異常画像枚数:  
13枚(赤字)

# 自動異常検知技術の検討と有効性の確認(9/10)

## ■検知フェーズにおける評価結果(タイル"x768\_y648"を例に)

タイル"x768\_y648"に「異常」が存在する異常画像は評価対象画像269枚中13枚  
269タイル画像をモデルに通し、各タイルの判定スコアを算出し、任意の閾値にて「正常」「異常」を分類



プロトタイプCにおけるタイル"x768\_y648"の評価結果

閾値: 異常判定(正常ではない)の値

閾値より判定スコアの大きいタイルは「異常」、小さいタイルは「正常」とする。

### ■閾値①の場合(異常の正解率100%)

- ・「異常」として検知した異常画像: 13枚中13枚  
⇒異常画像の正解率100%
- ・「正常」として検知した正常画像: 256枚中214枚  
⇒正常画像の正解率83.6%

### ■閾値②の場合(中間)

- ・「異常」として検知した異常画像: 13枚中12枚  
⇒異常画像の正解率92.3%
- ・「正常」として検知した正常画像: 256枚中238枚  
⇒正常画像の正解率93.0%

### ■閾値③の場合(正常画像の正解率100%)

- ・「異常」として検知した異常画像: 13枚中6枚  
⇒異常画像の正解率46.2%
- ・「正常」として検知した正常画像: 256枚中256枚  
⇒正常画像の正解率100%

# 自動異常検知技術の検討と有効性の確認(10/10)

## ■評価結果(正常と異常の区別が難しい例)

異常画像No8



入力画像



入出力層差

異常画像No.12



入力画像

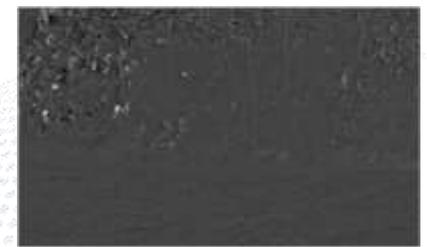


入出力層差

正常画像の中でも異常として検知されやすい例1



正常画像の中でも異常として検知されやすい例2



異常画像は人間が目視で異常オブジェクトが判別可能なレベルで差が出ているが、正常画像の中でもイレギュラーなパターンと比較すると差が小さく、閾値では厳密に判定できない。

理由としては、学習フェーズにおける正常画像の数やパターンが不足しているためである。

例1では、後部ドアが開いている正常画像は訓練データ内に2枚しか存在しておらず、正常として学習するだけのデータ数が不足している。

例2では、太陽の照射パターンによる木漏れ日や影、草木の揺れなど微細な変動を正常として学習するだけのデータ数が不足しているためである。

# 今後の発展性、課題(1/2)

- 本調査にて構築した遠隔モニタリングシステムは、電源供給を固定電源に頼っており、配信システムの配置場所は制限されている。海岸線等、固定電源からの供給が困難な場合も考慮する場合、モバイル式のソーラー発電を採用することにより改善が可能と考える。  
当該システムは70whという省電力にて稼働可能なため、当該電力程度を供給するソーラー発電設備の場合、10万円程度から選定が可能である。
- 本調査にて構築した遠隔モニタリングシステムは、緊急時における保守性を考慮し、受信システムから配信システムへ保守が可能な環境を整備している。ただし、保守時の通信も画像データ配信用の回線を使用しているため、当該回線に問題が発生した場合の遠隔保守が困難な環境となっている。当該事象を考慮する場合、最低限のコマンド等を送受信可能な低速衛星通信を副回線として採用することにより改善が可能と考える。

# 今後の発展性、課題(2/2)

- 自動異常検知技術の検討と有効性を評価するため、Deep Learning(人工知能技術)を活用した3つのプロトタイプを作成し、検知手法の有効性を評価した。
- 最も精度の高いプロトタイプCにおいて以下の評価結果が得られた。
  - すべての異常画像を異常として検知する場合、正常画像が混じる割合は約16%であり、人間が目視で確認する作業コストを約84%削減可能である。
- 下記方法により、さらなる異常検知性能の向上が期待できる。
  - 学習データの増加
  - 入出力層の差への後処理の検討
  - 画像前処理による、木漏れ日等のノイズ除去
- 人工知能技術は発展途上であり、100%異常検知するのは厳密には難しい。しかしながら、その膨大なデータをフィルタリングする機能として、人間が目視で確認するコストを大幅削減することは可能である。また、更なる精度向上も見込めることから、自動異常検知技術の有効性を示すことができたと考える。